

Tartu Ülikool
Loodus- ja tehnoloogiateaduskond
Ökoloogia ja Maateaduse Instituut

Lõputöö

Tolmusaaste

Erika Parts

Juhendaja: Liis Marmor, PhD

Tartu 2013

Sisukord

Sissejuhatus	3
1. Tolmusaaste allikad.....	5
2. Tolmusaaste mõju inimtervisele	7
3. Tolmusaaste mõju taimedele ja samblikele.....	10
4. Tolmusaaste tase Euroopas	12
5. Tolmusaaste Eestis	16
6. Tolmusaaste regulatsioon.....	19
Kokkuvõte	21
Summary	23
Tänuavaldused.....	24
Kasutatud allikad.....	25

Sissejuhatus

Meie planeeti ümbritsev gaasiline mass, atmosfäär, jaguneb kihtideks, kus gaaside tihedus on erinev. Kõige maapinna lähedasem kiht kannab nime troposfäär. Siin avalduvad ilmastikuolud ning elavad loomad ja taimed. Troposfäär ulatub poolustel maapinnast umbes 7 km ja ekvaatoril 17 km kõrgusele (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

Troposfääriõhu koostis muutub pidevalt. Mõned ained moodustavad uusi aineid kergesti, kuna nad on reaktiivsed ehk neil on suurem kalduvus reageerida teiste ainetega. Niimoodi sellise aine reageerimisel teise ainega, võivad tekkida teised saasteained, mis ohustavad meie tervist ja keskkonda. Soojus – ka päikesest pärinev – toimib üldjuhul katalüsaatorina. See hõlbustab või kutsub esile keemilisi reaktsioone (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

Atmosfääris olev õhk koosneb peamiselt lämmastikust (78%), hapnikust (21%), argoonist (0,93%) ja süsinikdioksiidist (0,04%). Teisi aineid on atmosfääriõhus tunduvalt vähem, kuid sellest hoolimata omavad need olulist rolli (Orru & Merisalu, 2007). Mõningad ained nendest on kahjulikud, kuid kõiki õhus leiduvaid aineid ei peeta saasteaineteks. Õhusaasteks peetakse üldiselt olukorda, kus saasteained sisaldavad atmosfääri koguses, mis kahjustab inimese tervist, keskkonda ja meie kultuuripärandit (ehitis, mälestisi ja materjale). Õigusaktides käsitletakse saastet, mis on vaid inimtekkelistest allikatest pärit, kuid muus kontekstis võidakse selle tähendust laiemalt määratleda (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

Kui mitte tavapäraste õhu koostisosade sisaldus ületab tavapärase koguse siis võib pidada neid saasteaineteks. Rohkem levinud saasteaineteks on liiklusest tulenevad lämmastikoksiidid, süsinikoksiid ja ultrapeened heitgaaside osakesed, kütuste põletamisel tekkivad vääveldioksiid, süsinikoksiid, peened osakesed ning fotokeemilistes protsessides tekkiv osoon (Orru & Merisalu, 2007).

Tolm on tavaliselt tahke osake suurusega vähem kui 500 mikromeetrit. Tolm koosneb väikestes kogustes paljudest materjalidest, mida võib leida kohalikus keskkonnas. Tolmusaaste koosneb kemikaalidest, peentest osakestest ja bioloogilistest materjalidest,

mis võivad põhjustada kahju või ebamugavust inimestele ja teistele elusorganismidele või põhjustada kahju elusloodusele. Sellepärast on tolmuosade tõsine probleem ja väärib tegelemist (Tokmechi, 2011).

Langenud on SO₂ heide, kuna rahvusvaheliste lepingute ja EL direktiivide nõuete tõttu tuleb energiatööstuses kasutada puhtamaid ja vähem saastavat kütust ja Kesk- ja Ida-Euroopa riikides on vähenenud rasketööstuse osatähtsus. Enamasti transpordist pärit NO_x heide püsib aga endiselt suur (Liblik & Karu, 2007).

Saastunud õhus leiduvad negatiivsed komponendid võivad avaldada otsest või kaudset mõju meie tervisele. Õhk võib olla saastunud nii linnades kui ka maal ning põhjused võivad olla nii inimtekkelised kui ka looduslikud (Orru et al., 2011).

Tavaliselt jagatakse peened osakesed (*particulate matter*) suuruse poolest kolme gruppi. Neist jämedaim on PM_{2,5-10}, suurusega 2,5–10 µm. Need pärinevad eelkõige pinnasest, teekattest ja tolmustest tööstusettevõtetest. Väiksemad on PM_{2,5}, mille suurus on alla 2,5 µm ning need pärinevad eelkõige transpordi heitgaasidest, erinevatest põletamisprotsessidest (katlamajad, kohtküte, tööstusettevõtted) ning atmosfääris toimunud keemilistest reaktsioonidest. Kõige väiksemad osakesed on PM_{0,1}, mis on väiksemad kui 100 nm (Orru et al. 2010).

Peened osakesed ei ole üksikud saastajad, vaid heterogeenne segu osakestest, mis erinevad suuruse, päritolu ja keemilise koostise poolest. Peened osakesed ei ole defineeritud keemilise natuuri struktuuri või allika poolest. Neid eristatakse vaid suuruse poolest (Grantz et al., 2003).

Antud töö eesmärgiks on anda ülevaade tolmuosade allikatest, mõjust tervisele ning elusloodusele (keskendudes taimedele ja samblikele). Samuti anda ülevaade tolmuosadest Euroopas ning Eestis ja selle regulatsioonidest. Töö on referatiivne ja põhineb kirjandusallikatel.

1. Tolmusaaste allikad

Saasteained võib jagada primaarseteks ja sekundaarseteks. Primaarsed saasteained on emiteeritud otseselt allikast nende tekkeprotsessil, näiteks pinnasetolm auto rataste alt või CO auto heitgaasidest (Orru, 2007).

Sekundaarsed saasteained on emiteeritud kaudselt; need tekivad siis, kui primaarsed ained reageerivad või seonduvad omavahel. Üheks tüüpiliseks näiteks on maapinna lähedane osoon, mis eraldub fotokeemilise sudu tekkeprotsessis. Mõned saasteained nagu ülipeened osakesed eralduvad otse põlemisprotsessidest. Need võivad moodustada ka erinevate saastekomponentide kokkupuutel atmosfääris (Orru, 2007).

Peened osakesed (PM) võivad olla nii primaarsed kui sekundaarsed. Primaarsed on eeskätt teekatte, piduriketaste, rehvide jm osakesed. Samuti põlemisel tekkivad ultrapeened osakesed (Orru, 2007).

Toksilised metallid nagu plii, kaadmium ja vask. Nende allikateks on eeskätt kütuste põletamine sh väikemajapidamistes. Samuti pinnasetolm, millega võidakse sinna ladestanud raskmetallid (näiteks plii, mida aastakümneid kasutati lisandina autokütustes) välisõhku tagasi paisata (Orru, 2007).

Sekundaarsed saasteained on:

Peened osakesed, mis on tekkinud primaarsetes gaasilistest saasteainetest ja teistest komponentidest erinevates keemilistes protsessides (Orru, 2007).

Maapinna lähedane (troposfääri) osoon, mis on tekkinud NO_x ja VOC koostoimel fotokeemilise sudu protsessis (Orru, 2007).

Mitmed orgaanilised saasteained, mis tekivad samuti fotokeemilise sudu protsessis (Orru, 2007).

Õhusaastel on väga erinevaid allikaid, mis jaotatakse üldjuhul inimtekkelisteks (antropogeensed) ja looduslikeks. Antropogeenseteks saasteallikateks loetakse statsionaarseid allikaid sh elektrijaamad, katlamajad ja tööstusettevõtted, mobiilsed

allikad sh mootorsõidukid, meresõidukid, puidu ja sarnaste kütuste põletamine ahjudes, kaminates, kateldes jm (Orru, 2007).

Sahara kõrbest päris nn Aafrika tolmu on üks õhus leiduvate tahkete osakeste looduslikke allikaid. Saharas tekitavad keeristormed, mis võivad keerutada tolmu üles 4-5 km kõrgusele, tugev kuumus ja kuivus (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013). Sahara kõrb on põhiline allikas mineraalse atmosfääri tolmu. Sealt tuleb umbes pool aastastest mineraalse tolmu kogusest (Karanasiou et al., 2012).

Samuti on tahkete osakeste allikaks mereveepritsmes, mis võivad moodustada 80% mõnes rannikupiirkonnas õhus leiduvates tahketest osakestest. Pritsmes koosnevad peamiselt soolast, mille tugev tuul õhku paiskab (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

Järsult, kuid ka ajutiselt võivad Euroopa õhus leiduvate tahkete osakeste hulka suurendada vulkaanipursked näiteks Islandil või Vahemere piirkonnas (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

2. Tolmusaaste mõju inimtervisele

Peened osakesed ja nendega seotud teised saasteained võivad põhjustada mitmesuguseid terviseprobleeme (tabel 1).

Tabel 1. Saastekomponentide võimalik mõju (Orru & Merisalu, 2007)

Saateaine	Esinemismvorm	Bioloogiline mõju
Metallid (Cd, Hg, Pb, Ni, V, Cu, Fe jt)	Seotud peente osakestega	Tekitavad põletikku. Suureneb reaktiivsete hapniku sisaldavate ainete produktsioon
Orgaanilised komponendid	Seotud peente osakestega	Mõjuvad ärritavalt võivad põhjustada mutatsioone rakkudes ning soodustada vähktõve arengut
Ioonid: sulfaat, nitraat H^+	Seotud peente osakestega	Tekkiv hape võib kahjustada hingamisteede limaskesta ja muudab metallioonid liikuvamaks
Bioloogilist päritolu aines – viirused, bakterid jm	Seotud peente osakestega	Põhjustab allergiat; viirused ja bakterid nõrgestavad immuunsüsteemi
Reaktiivsed gaasid	Seotud peente osakestega	Adsorbeeritud peentesse osakestesse satuvad alumistesse hingamisteedesse, põhjustades kopsukahjustusi
Karbonaatne materjal	Peente osakeste tuum	Pikaajalise ekspositsiooni korral põhjustab süsinik kopsude ärritust, epiteelrakkude vohamist ja fibroosi

Teadustõendid näitavad, et isegi väike õhukvaliteedi paranemine – eriti tihedalt asustatud piirkondades – toob kaasa tervisekasu ja majandussäästu. See väljendub muu hulgas kodanike elukvaliteedi paranemises, kuna saastega seotud haigused vähenevad, suuremas tootlikkuses, sest väheneb haiguspäevade arv, ja madalamates arstiabikuludes (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

Õhusaaste kuludeks kasutatakse teatud majandusmudeleid. Kuigi need ei hõlma kõiki kulusid, mida õhusaaste ühiskonnale põhjustab, näitavad need ära õhusaaste põhjustatud

tervishoiukulud (tootlikkuse vähenemine, täiendavad arstiabikulud jne). (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

Eestis viidi 2010. aastal läbi uuring, mille tulemused näitasid, et peened osakesed välisõhus põhjustavad viies Eesti linnas kokku 462 varajast surma aastas. Varajastele surmadele lisandub 231 hingamisteede ja 338 südameveresoonkonna kaebusega hospitaliseerimisjuhtu aastas. Kahju, mida see tekitab tervishoiusüsteemile jäi 1,9 - 3,5 miljardi euro vahele (Orru et al., 2010).

Aastal 2000 kaotati Euroopas õhuheidete tõttu 7,2 miljardit eluaastat. See läks Euroopale maksma 766 miljardit eurot (Brandt et al., 2013).

Maailma Terviseorganisatsioon (WHO) on läbi viinud uurimuse, kust selgub, et peenosakeste põhjustatud saaste ($PM_{2,5}$, st tahkete osakeste läbimõõt ei ole suurem kui 2,5 mikronit) võib olla inimese tervisele ohtlikum, kui seni arvati. WHO õhusaaste terviseaspekte käsitlev ülevaade toob välja tulemused, mis näitavad, et pikaajalise kokkupuute peenosakestega tagajärgedeks võivad olla ateroskleroos, sünnidefektid ja laste hingamisteede haigused. Seos võib olla ka närvisüsteemi arengu, kognitiivse talitluse ja diabeediga ning kinnitatakse põhjuslikku seost $PM_{2,5}$ ning südameveresoonkonna ja hingamisteede haigustest tingitud surmajuhtumite vahel (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

Aphekomis uuringus prognoositakse, et kui iga aasta langetada $PM_{2,5}$ taset Maailma Terviseorganisatsiooni suunistes esitatud tasemele, pikendaks see keskmist eluiga (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

Hingamisteedesse sattunud saasteained võivad põhjustada kopsukahjustusi. Mida väiksemad on saasteainete osakesed, seda sügavamale hingamisteedesse need võivad sattuda. Kõige kergemateks õhusaaste tunnusteks on ebamugavustunne rinnus, köha ja aevastamine. Rohke verevarustuse tõttu kopsukoes, on võimalik, et toksilised ained ja nende metaboliidid võivad sattuda vereringe kaudu ka teistesse organitesse (Orru, 2008).

Sissehingatud peened osakesed, mis on jõudnud juba vereringesse, leiavad tee südamesse. Mõned saasteained võivad mõjutada südame rütmi, kontraktsiooni tugevust ja seeläbi ka väljutusmahtu (Orru, 2008).

3. Tolmusaaste mõju taimedele ja samblikele

Mineraalne tolmu sisaldab kõrges kontsentratsioonis erinevaid metalle, millel on mürgine mõju nii inimestele, taimedele kui loomadele (Abdul-Wahab, 2006).

Peente osakeste mõju taimestikule sõltub peente osakeste koostiste sadestumisest taime kasvukohta, keskkonda üldiselt ning ökosüsteemi. Peened osakesed võivad mõjutada taimestikku otseselt sadestudes taimede lehtedele või kaudselt mõjutada, muutes mullastikku. Kaudsed mõjutused on ohtlikumad, kuna mulla kaudu võivad nad muuta toiduvõrgustikku (Grantz et al., 2003). Tolmu sadestus mõjutab enamasti taimekooslusi nii palju, et need muutuvad (Farmer, 1993).

Samblikud on efektiivsed õhusaaste bioloogilised indikaatorid, vastates rakulisel, individuaalsel, populatsioonilise ja koosluse tasemel. Samblikel puuduvad juured ning nad imevad endasse nii eluks vajalikud toitained kui koos nendega saasteained otse õhust. Samblikud on laialt levinud, olles osa kõikidest maapinna ökosüsteemidest. Maakera maapinnast katavad nad umbes 8% (Purvis, 2007).

1866. aastal kirjeldas soome lihhenoloog W. Nylander esimest korda suurlinna (Pariisi) samblike floorat ja osutas selle liigilisele vaesusele. Sellest ajast on läbi uuritud mitmete suuremate ja väiksemate linnade floorad. Uuringutes võrreldi omavahel linnade samblike floorat loodusmaastiku flooraga. Jõuti järeldusele, et mida suurem, industrialiseeritum ja saastatuma õhuga on linn, seda liigivaesem on samblike floora, seda väiksem on liikide katteväärtus ja madalam liikide vitaalsus (Trass, 1968).

Loppi & Pirintsos (2000) jõudsid oma uurimuses järeldusele, et samblike saab hästi kasutada tolmuvaikuse hindamiseks. Õhu saastatuse tõustes kaovad kõigepealt põõsassamblikud, seejärel lehtsamblikud, siis kooriksamblikud. Kõige poleotolerantsemad (linnakeskkonnale vastupidavamad) on jahujad kirmeid moodustavad liigid (Trass, 1968).

Tsemenditolmu leeliseline õhusaaste ei levi kaugele, kuna on lokaalse loomuga. Selle oluline mõju avaldub lähiümbruses. (Degtjarenko, 2010).

Tsemenditööstus pakub hea võimaluse tolmu mõju uurimisele kuna märkimisväärne hulk tolmu eraldub tsemendiga seonduvatest töödest. (Abdul-Wahab, 2006). Samblikud on näidanud tundlikkust tolmusaastrusele (Farmer, 1993; Loppi & Pirintsos, 2000). Kuid mitte ainult tsemenditööstus vaid ka muud rasketööstused mõjutavad samblikke. (Jalkanen et al., 2000). Üldiselt on kuivades ja poolkuivades kliimades tolmusaastruse probleem suurem (Branquinho et al., 1999; Loppi and Pirintsos, 2000).

Hope Valley tsemendi tehases, mis alustas tööd aastal 1929, tekkis leeliseline tolmu 2 miljoni tonni paekivi ja 4 miljoni põlevkivi töötlemisest. Tugeva tolmu saaste tõttu toimus teatud liikide asendamine teistega, mis viis epifüütsete samblike koosluste muutumiseni mitme kilomeetri raadiuses (Gilbert, 1976).

Kuigi rabad, mis paiknevad saasteallikale lähemal, võivad olla rikkamad kui looduslikud rabad, esineb seal tüüpilisi rabaliike vähem ning rabadele iseloomulik turbasamblakate on asendunud katkendlikult turbapinda katva taimestikuga (Karofeld et al., 2007).

Degtjarenko (2010) uurimuses suurenevad tema uuritud metsades epifüütsete sammalde liigirikkus vastavalt gradiendile, s.t. kõige liigirikkamad on epifüütsete sammalde poolest tugevalt saastatud metsad.

Tolmu sadestus mõjutab enamus taimekooslusi nii palju, et need muutuvad (Farmer, 1993). Peente osakeste regionaalset mõju ökosüsteemidele seostatakse kliima muutustega. Nende reageerimine teiste saasteainetega ning kliima muutustega seonduvaga on oluline teema uurimiseks, mis puudutab ökosüsteemide stabiilsust (Grantz et al., 2003).

Erinevates ökosüsteemides on õhusaaste talumine ja puhverdamisvõime erinev. Tundlike ökosüsteemide hulka kuuluvad Eestile iseloomulikud rabad. Rabad saavad oma toitained ainult atmosfäärist sademete ja kuivsadenedamise teel. Võrreldes teiste ökosüsteemidega tingib õhusaaste madala puhverdamisvõimega rabades märksa ulatuslikumaid ning selgemaid muutusi (Karofeld et al., 2007).

4. Tolmusaaste tase Euroopas

4. detsembril 1952. aastal valgus Londoni linna kohale tihe udu, tuul vaibus. Järgmistel päevadel seisis õhk linna kohal paigal. Kivisöe põletamisel vallandus suur kogus vääveloksiide, andes udule kollaka tooni. Hinnangute kohaselt oli Londoni suure sudu ajal suremus keskmisest 4 000–8 000 inimese võrra kõrgem hingamisteede haiguste tõttu. Neist enamik olid imikud ja eakad (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

20. sajandil oli õhusaaste Euroopa suurtes tööstuslinnades üsna tavaline. Tahket kütust, eriti kivisütt, kasutati kütteinena sageli nii tehastes kui ka kodudes. Ilmastikutegurite tõttu võisid suured õhusaaste kogused hõljuda talvel linnapiirkondade kohal päevi, nädalaid või isegi kuid (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

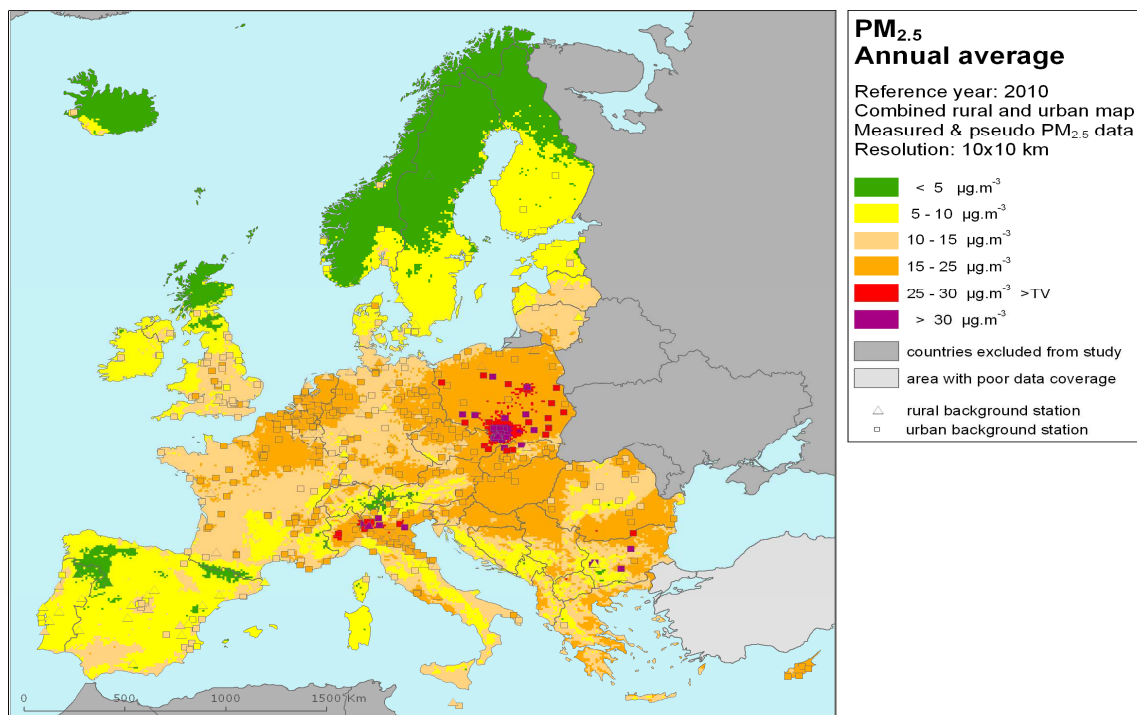
Viimase 60 aasta jooksul on Euroopa õhu kvaliteet oluliselt paranenud, tänu tõhusatele riiklikele, Euroopa tasandi ja rahvusvahelistele õigusaktidele (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

Tolmusaaste tase võib Euroopas teatud perioodidel tõusta tänu Sahara kõrbele. Selle kõrbe tolmu kandumine toimub tavaliselt maist augustini ning märtsis ja oktoobris (Escudero et al., 2005). Siiski võib see toimuda ka muul ajal (Karanasiou et al., 2012).

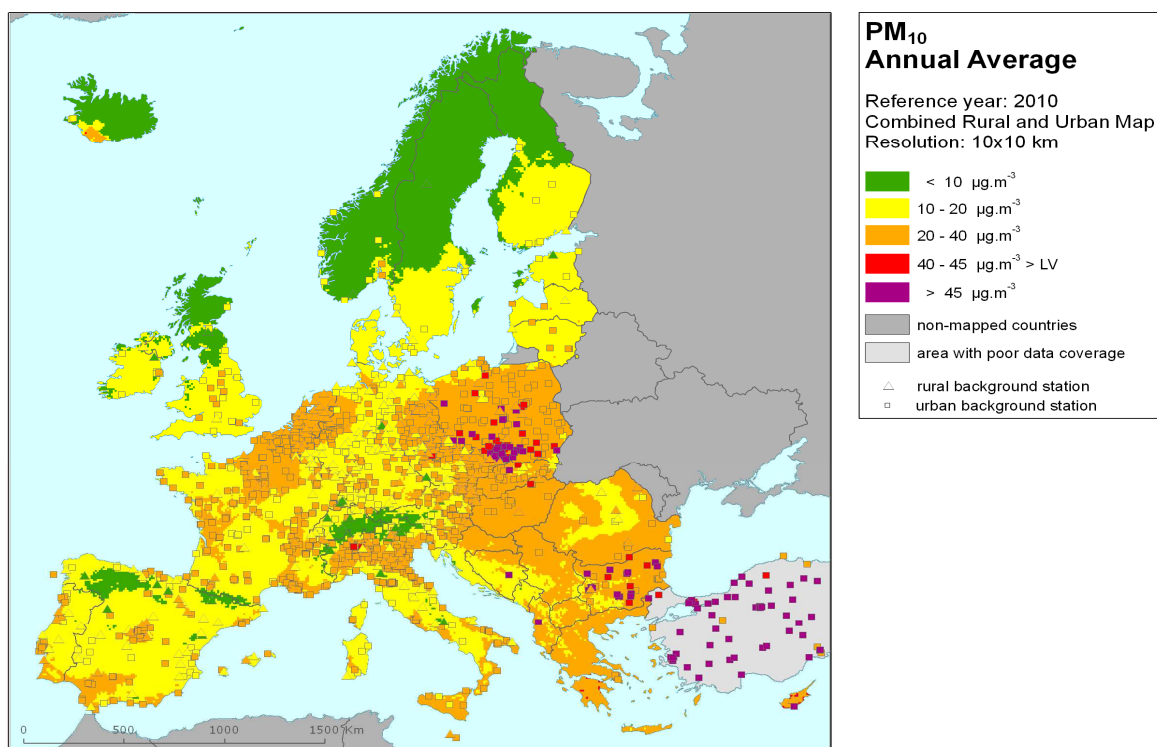
Tehnoloogia areng on kaasa aidanud Euroopa õhu paranemisele. Selleks on osalise tõuke andnud kehtestatud õigusaktid. Näiteks automootoreis on hakatud kasutama kütust tõhusamalt, uutele diiselmootoriga autodele on paigaldatud osakeste püüdmiseks filtrid ning tööstusettevõtted on võtnud kaustusele üha tõhusamaid saasteainete püüdeseadmeid. Edukad on olnud ka ummikumaksud ja maksusoodustused keskkonnasõbralikele autodele (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

Tahkete osakeste heite vähendamisel on Euroopas tehtud märkimisväärsed edusamme. Aastatel 2001–2010 vähenes PM_{10} ja $PM_{2,5}$ otseheide Euroopa Liidus 14% ja Euroopa Keskkonnaagentuuri (EEA) 32 liikmesriigis 15% (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

Järgnevalt on kahel joonisel (Joonis 1, Joonis 2) välja toodud Euroopa PM_{2,5} ja PM₁₀ 2010. aasta keskmine kogus.

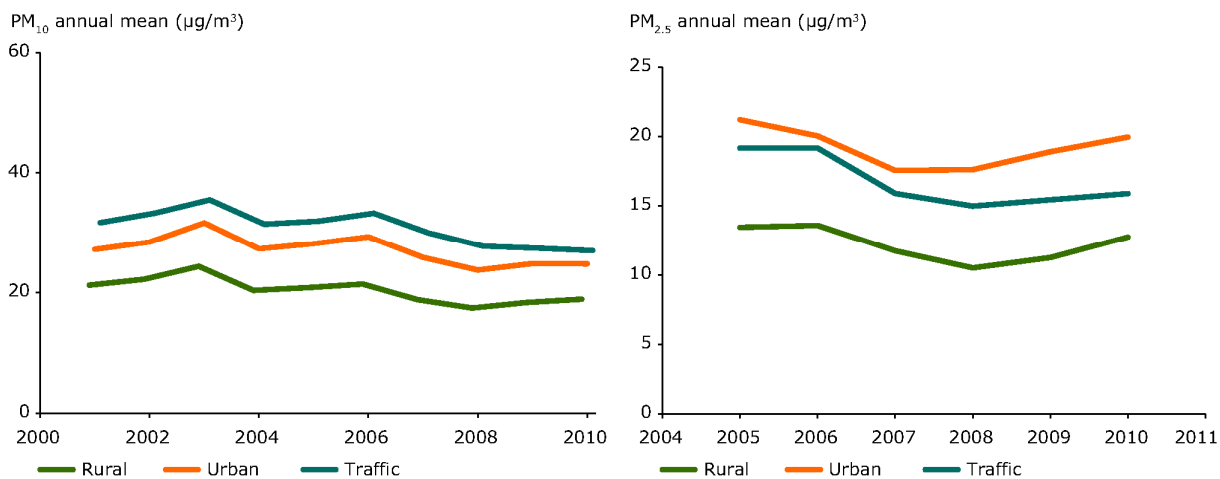


Joonis 1. PM_{2,5} 2010. aasta keskmine (PM_{2,5}..., 2013).



Joonis 2. PM₁₀ 2010. aasta keskmine (PM₁₀..., 2013).

Alljärgneval joonisel (joonis 3) on esindatud need Euroopa Liidu liikmesriikide peente osakeste mõõtejaamad, millel oli 2012. aasta seisuga vähemalt 75% andmeid viimase kaheksa aasta (PM_{10}) ja kuue aasta ($PM_{2,5}$). Keskmiste tasemete arvutamisel on suurem mõju Kesk-Euroopa riikidel, kuna seal on rohkem jaamasid (Trend in..., 2012).



Joonis 3. PM_{10} ja $PM_{2,5}$ aastased kogused ($\mu g/m^3$) (Trend in..., 2012).

Heitkoguste vähendamine ei ole vähendanud alati kokkupuudet tahkete osakestega. WHO rangematest suunistest lähtudes, puutub ülemääraste PM_{10} – kontsentratsioonidega kokku enam kui 80% Euroopa Liidu linnaelanikes (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

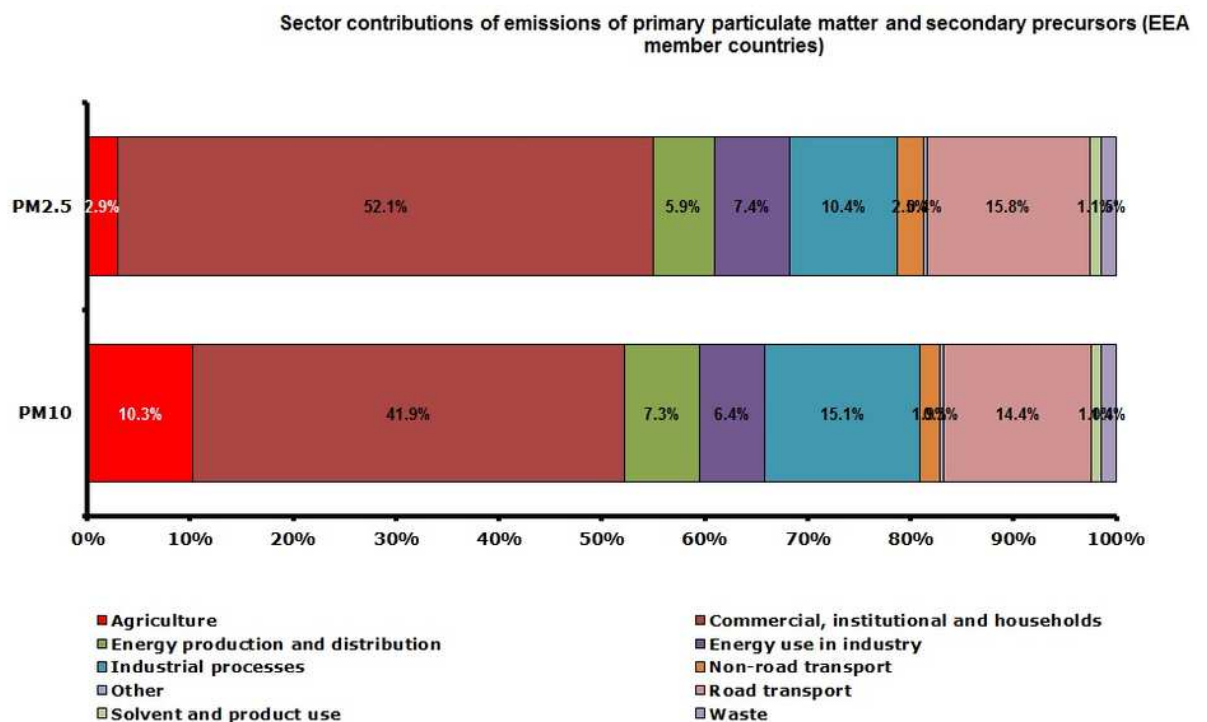
Tuuled võivad kanda õhusaasteaineid kõikjale. Osa Euroopas leitud õhusaasteainetest ja nende lähteainetest pärinevad Aasiast ja Põhja-Ameerikast. Samamoodi kandub osa Euroopas õhku paisatavatest saasteainetest teistesse piirkondadesse ja teistele mandritele (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

Tahkete osakeste sisaldus Euroopa õhus võib suur olla, kuna mõned saasteained püsivad õhus piisavalt kaua, et kanduda ühest riigist teise, ühelt mandrilt teise või isegi teha tiiru ümber maakera. Osakeste ja nende mandritevaheline liikumine aitab selgitada, miks Euroopa õhu kvaliteet ei ole paranenud sama palju, kui on vähenenud osakeste ja nende lähteainete heide (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

Osakeste sisaldus õhus võib peituda meie tarbimisharjumustes. Näiteks viimastel aastatel on mõnes linnapiirkonnas, eriti Poolas, Slovakkias ja Bulgaarias, olnud peamiseks PM_{10} -saaste allikaks süsi ja puit, mida kasutatakse eluruumide kütmisel.

Osaliselt on selle taga kõrged elektrienergia hinnad, mis on sundinud väikese sissetulekuga leibkondi otsima odavamaid alternatiive (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

Allpool on toodud joonis (Joonis 4), kus on välja toodud protsentuaalselt PM_{2,5} ja PM₁₀ saasteallikad 2010. aastal. Peamiseks allikaks mõlema puhul on põllumajandus. Olulisel kohal on ka maanteetransport.



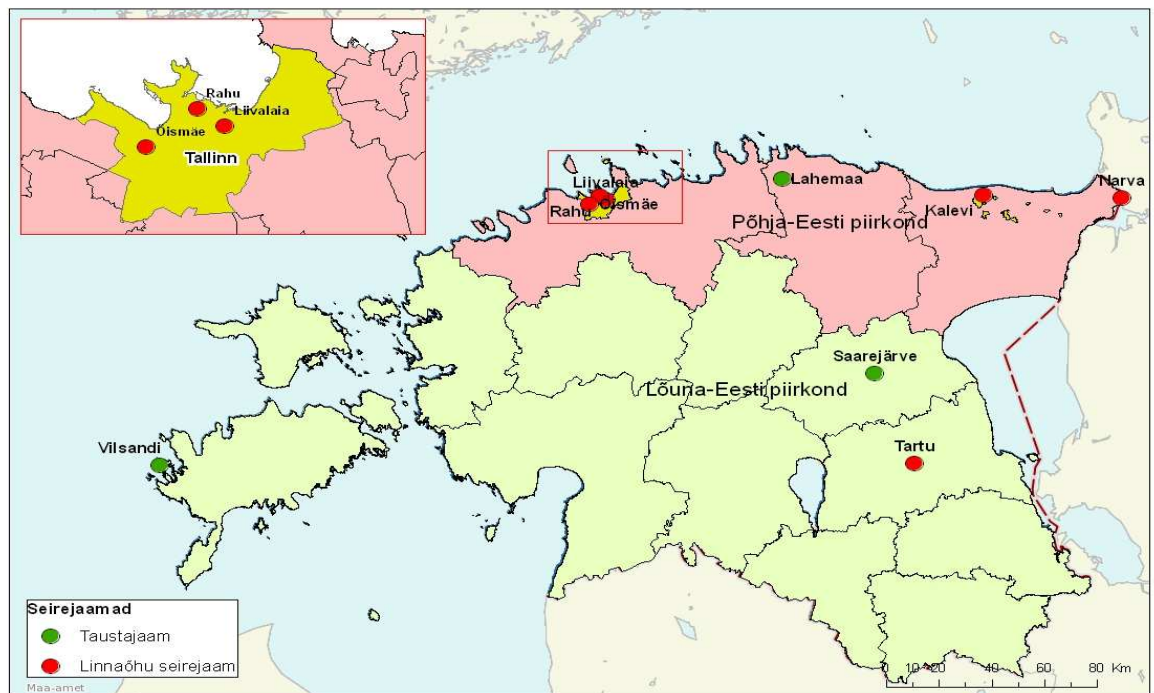
Joonis 4. Primaarsete peente osakeste osakaal erinevates saasteallikates aastal 2010. Euroopa Keskkonna agentuuri kuuluvates riikides (Emissions..., 2012)

5. Tolmusaaste Eestis

Linnades, kus on riiklik seireõhujaam on üheks peamiseks probleemiks endiselt peente osakeste tase, kuigi aastakeskmise peente osakeste sisaldus on langenud (Maasikmets et al., 2013).

Õhukvaliteedi pidevmõõtmisi on kallid teha ja seepärast ei saa igas asulas pidevalt õhukvaliteeti mõõta. Sellistes piirkondades tehakse pistelisi õhukvaliteedi mõõtmisi (Maasikmets et al., 2013).

Eestis on kokku üheksa riiklikku seirejaama (kuus linnaõhu ja kolm taustajaama) (joonis 5), millele lisanduvad veel üheksa ettevõtete seirejaama. Seirejaamade asukohad on valitud selle järgi, et need kirjeldaksid erinevate saastekarakteristikutega piirkondade välisõhu kvaliteeti, lähtuksid seadustest, rahvusvahelistest lepetest ja nõuetest. Taustajaamad paiknevad otsestest saastejaamadest eemal, ning mõõdavad saasteainete taustkontsentratsioone, sealhulgas kaugkandega saabuvaid saastevoogusid (Kabral, 2013).



Joonis 5: Eesti õhuseirejaamade asukohad (Maasikmets et al., 2013).

Linnades on erinevaid saasteallika tüüpe ning need võib jagada laias laastus viide rühma. All pool on toodud linnadest pärinevate saasteainete heitkoguste peamised reguleerimismeetodid (Tabel 2) (Maasikmets et al., 2013).

Tabel 2. Linnakeskkonna peamised saasteallikad, koos heitkoguste kontrollimeetmetega (Maasikmets et al., 2013)

Saasteallikas	Heitkoguste reguleerimisel kasutatav meede
Transpordisaaste	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sõidukite tehnoseisundi regulaarse ja pistelise kontrolli tõhustamine 2. Kütusele kehtestatud keskkonnanõuete täitmise kontrollimine 3. Naastrehvide kasutusaja piiramine 4. Sõidukite liikumise piiramine kõrge saasteepisoodide korral 5. Piirkiiruse reguleerimine 6. Ühtlase liiklusvoo tagamine 7. Teede hea seisukorra tagamine 8. Keskkonnasõbralike sõidukite eelistamine linnaliikluses 9. Müratõkete ehitus 10. Raskeliikluse ümbersuunamine linnakeskusest
Olmeküte	<ol style="list-style-type: none"> 1. Soovituslikud nõuded olmekütte ahjude ehitamisel 2. Kvaliteetse kütuse kasutamine 3. Küttesüsteemide regulaarne puhastus 4. Kaug- ja olmekütte piirkondade kehtestamine planeeringutel 5. Korraldatud jäätmevedu, komposteerimise propageerimine

	6. Aiaprahi põletamiskeeld
Tööstus	1. Saasteainete heitkoguste reguleerimine keskkonnalubadega, sh heitkoguste maksustamine 2. Parima võimaliku tehnika rakendamine, sh keskkonnalubadega reguleerimata valdkondades
Muud hajusallikad (ehitustegevus, tühermaad)	1. Ehitustegevuses tol mavate pindade niisutamine, katmine 2. Tühermaade haljastamine 3. Ehitusobjektidel tol mukatete kasutamine 4. Ehitusobjektidelt ja karjäärdest tänavatele liikuvate sõidukite rehvide pesu 5. Kallurveokitel puistekaupade käitlemisel koormakatete kasutamine 6. Tänavate regulaarne puhastus ja korrashoid
Episoodilised saasteallikad (põlengud, lõhkamistööd)	1. Lõhkamistööde reguleerimine keskkonnalubade kaudu 2. Maastikupõlengute ennetamine teavitustöö ja maastike hooldamise kaudu

Tabel 2: Linnakeskkonna peamised saasteallikad, koos heitkoguste kontrollimeetmetega (Maasikmets et al., 2013).

6. Tolmusaaste regulatsioon

Pärast Londonis toimunut kasvas üldsuse ja poliitikute teadlikkus ning võeti vastu õigusakte, et vähendada õhusaastet. Need olid pärit kohapealsetest allikatest, näiteks kodudest, kaubandusest ja tööstusest. 1960ndate lõpus hakkasid õhusaaste piiramiseks vastu võtma seadusi ka teised riigid, mitte ainult Ühendkuningriigid (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

Juba 1960. aastate lõpust hakkasid teadlased tähelepanu pöörama piiriülesele õhusaastele, kuid selle piiramiseni jõuti märksa hiljem. 1972. aastal ÜRO inimkonna konverentsil tõusis see teema esimest korda päevakorda (Liblik & Karu, 2007). Mõisteti, et õhusaaste probleem on vaja lahendada rahvusvahelisel tasandil. Uuringutest, mis viidi läbi 1960ndatel, selgus, et Skandinaavia jõgede ja järvede hapestumise põhjustanud happevihma tekitasid saasteained, mis paisati õhku Mandri-Euroopas. 1979. aastal loodi ühendus, et lahendada õhusaaste probleeme piirkondade tasandil, nimelt ÜRO Euroopa Majanduskomisjoni piiriülese õhusaaste kauglevi konventsioon (Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, LRTAP) (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

Siis rõhutati, et ühes riigis toimuv ei tohi kahjustada teise riigi keskkonda. Genfis allkirjastatud leping jõustus alles 1983. aastal. See oli esimene riikidevaheline kokkulepe õhusaaste valdkonnas (Liblik & Karu, 2007).

Riigid, mis liitusid konventsiooniga võtavad endale kohustuse vähendada õhusaastet, kontrollida nõuetele vastavust, rajada saasteainete kauglevi seiresüsteem, korraldada infovahetust ja ühtlasi mitte suunata oma saastet naaberriikidesse (Liblik & Karu, 2007).

Praegustes Euroopa Liidu ja rahvusvahelistes õigusaktides, milles käsitletakse tahkeid osakesi, liigitatakse need osakesed mõõtmete põhjal kahte rühma – läbimõõduga 10 mikronit või vähem (PM_{10}) ning läbimõõduga 2,5 mikronit või vähem ($PM_{2,5}$). Õigusaktidega reguleeritakse otseheidet ja lähtegaaside heidet (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

Tavaliselt reguleeritakse saasteaineid rohkem kui ühe õigusaktiga. Näiteks tahkeid osakesi käsitletakse kolmes Euroopa õiguslikus meetmes (välisõhu kvaliteedi ja õhusaasteainete heite direktiivides ning sõidukite heite puhul kohaldatavates Euro standardites) ja kahes rahvusvahelises konventsioonis (LRTAP ja MARPOL). Mõnda tahkete osakeste lähteainet reguleeritakse ka teiste õigusmeetmetega. Neid seadusi rakendatakse pika ajavahemiku vältel ja neis püstitatud eesmärged täidetakse järk-järgult. Õhukvaliteedi direktiivis on sätestatud 1. jaanuariks 2010 tahkete osakeste jaoks sihtväärtus $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 2015. aastal saab samast künnisest piirväärtus, millega kaasnevad täiendavad kohustused (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

Tahkete osakeste ja osooni lähteaine heidet reguleeritakse piiriülese õhusaaste kauglevi (LRTAP konventsiooni) Göteborgi protokolliga. Seda põhjusel, et heide võib pärit olla teistest riikidest (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

Viiest eurooplasest neli on arvamusel, et EL peaks kavandama õhukvaliteediga seotud probleemide lahendamiseks Euroopas täiendavaid meetmeid (Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013).

Viiest vastanust kolm leiab, et nad ei ole kursis oma riigi õhu kvaliteeti puudutavate küsimustega. Ehkki viimastel kümnenditel on tehtud märkimisväärsed edusamme, on tegelikult vaid alla 20% eurooplastest arvamusel, et õhu kvaliteet on Euroopas paranenud. Õigupoolest arvab enam kui pool eurooplastest, et õhu kvaliteet on muutunud viimase kümne aasta jooksul halvemaks (Euroopa Keskkonna agentuur, 2013).

Kokkuvõte

Käesoleva töö eesmärgiks oli anda ülevaade tolmuksaaste allikatest, mõjust tervisele, elusloodusele (keskendudes taimedele ja samblikele). Samuti anda ülevaade õhusaastest Euroopas ja Eestis ning õhusaaste regulatsioonidest.

Tolm koosneb väikestes kogustes paljudest materjalidest, mida võib leida kohalikus keskkonnas, ning mis võivad põhjustada kahju või ebamugavust inimestele ja teistele elusorganismidele või põhjustada kahju elusloodusele.

Õhusaastel on erinevad allikad, kuid laias laastus võib nad kaheks jaotada – inimtekkelised ja looduslikud. Inimtekkelised saasteallikad võivad olla näiteks elektrijaamad, katlamajad, tööstusettevõtted, mootorsõidukid jne. Looduslikud võivad olla näiteks mereveepritsmed, Sahara kõrbest pärinev Aafrika tolmu ning vulkaanipursetest pärinevad osakesed.

Saasteained jagunevad primaarseteks ja sekundaarseteks. Primaarsed on emiteeritud otsesest allikast nende tekkeprotsessil, sekundaarsed ained tekivad, kui primaarsed ained omavahel reageerivad, tekitades uusi saasteained.

Tolmuksaastel on suur mõju tervisele. Kõige rohkem tekitab õhusaaste hingamisteede haigusi. Sissehingatud peened osakesed jõuavad vereringesse ja leiavad sealt tee südamesse. Tolmuksaaste tõttu tehtud haiglaviisiidid on tervishoiusüsteemile läinud maksma miljardeid eurosid ning kaotatud on palju eluaastaid surmade tõttu.

Tolmuksaaste mõjutab ka taimi ja samblike. Tolmuksaaste mõjutab taimeliike, neid otseselt mõjutades ehk sadestudes nende peale ning kaudselt, läbi mullastiku muutes nende kasvutingimusi.

Samblikud on suurepäraseks tolmuksaaste hindamiseks. Mida suurem ja saastatum on keskkond, seda väiksem on samblike liigiline rikkus. Sammalde puhul rabades aga võib liigirikkus suurem olla aga esinevad rabale mitte omased samblaliigid.

Eestis on kokku üheksa riiklikku seirejaama. Seirejaamade asukohad on valitud selle järgi, et need kirjeldaksid erinevate saastekarakteristikutega piirkondade välisõhu kvaliteeti.

Viimaste aastakümnete jooksul on Euroopa õhu kvaliteet oluliselt paranenud, tänu tõhusatele riiklikele, Euroopa tasandi, rahvusvahelistele õigusaktidele ja tehnoloogia arengule. Samas paljud eurooplased leiavad, et peaks ellu viima täiendavad meetodid, et olukorda veelgi parandada.

Dust pollution

Summary

The aim of this paper is to give an overview of dust pollution. The paper is divided into six chapters, describing the sources of dust pollution, its impact on human health, plants and lichens. Also the level of dust pollution in Europe, Estonia and the regulations of dust pollution.

Air pollution has several sources, but usually they are divided to anthropological and natural sources. Dust consists of several materials that one can find in the local environment.

Pollutants can be divided to primary and secondary pollutants. Primary is emitted from the source during the formation process, secondary substances appear when the primary substances react and therefore new substances appear.

Dust pollution can cause discomfort and health problems to people and effect badly on the living environment. Main health problems that occur because of dust pollution are heart problems and respiratory illnesses. Particulate matter, that has found its way to the trachea can go to the lungs, blood circulation and the heart.

Lichens are a good way to assess the level of dust pollution in the air. The bigger and more contaminated the air is, the less species of lichens there are. Dust can affect plants either by deposition on the plant or on the soil. Through soil it can ruin the nutrition and can alter the flora.

There are six national monitoring stations in Estonia. They were chosen, so there would be different pollution characteristics to compare with each other. During the last few decades the quality of European air has increased, but many Europeans feel that it could still be better.

Tänuavaldused

Töö autor soovib tänada oma juhendajat, Liis Marmorit, soovituste, näpunäidete ja abi eest töö kirjutamisel. Juhendaja nõuanded olid suureks abiks töö ülesehituse kohapealt. Autor tänab teda mõistva suhtumise eest.

Kasutatud allikad

Kirjandusallikad

Abdul-Wahab, S, A., 2006. Impact of fugitive dust emissions from cement plants on nearby communities. *Ecological modelling* 195: 338–348.

Brandt, J., Silver, J.D., Christensen, J.H., Andersen, M.S., Bønløkke, J.H., Sigsgaard, T., Geels, C., Gross, A., Hansen, A.B., Hansen, K. M., Hedegaard, G.B., Kaas, E., Frohn, L.M., 2013. Contribution from the ten major emission sectors in Europe and Denmark to the health-cost externalities of air pollution using the EVA model system – an integrated modelling approach. *Atmospheric Chemistry & Physics* 13: 5871-5922.

Branquinho, C., Catarino, F., Brown, D., Pereira, M.J., Soares, A., 1999. Improving the use of lichens as biomonitors of atmospheric metal pollution. *Science of the Total Environment* 232: 67-77.

Degtjarenko, P., 2010. Leeliselise õhusaaste mõju metsakooslustele Kunda tsemenditehase mõjupiirkonnas. *Tartu Ülikool*. 3-75lk.

Escudero, M., Castillo, S., Querol, X., Avila, A., Alarcon, M., Viana, MM., Alastuey, A., Cuevas, E., Rodriguez, S., 2005. Wet and dry African dust episodes over Eastern Spain. *Journal Geophysical Atmospheres*, 110: D18S08

Euroopa Keskkonnaagentuur, 2013. Õhk, mida me hingame. Euroopa õhu kvaliteedi parandamine. Euroopa Liidu Väljaannete Talitus, 3-68

Farmer, A. M., 1993. The effects of dust on vegetation e a review. *Environmental Pollution*, 79: 63-75.

Gilbert, O. L., 1976. An alkaline dust effect on epiphytic lichens. *Lichenologist*, 8: 173-178.

Grantz, D.A., Garner, J.H.B., Johnson, D.W., 2003. Ecological effects of particulate matter, *Environment International* 29: 213–239.

Jalkanen, L., Mäkinen, A., Hänenen, E., Juhanoja, J., 2000. The effect of large anthropogenic particulate emissions on atmospheric aerosols, deposition and bioindicators in the eastern Gulf of Finland region. *The Science of the Total Environment*, 262: 123-136.

Kabral, N., 2013. Õhusaaste kauglevi seire ja uuringud. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, 2-53 lk.

Karanasiou, A., Moreno, N., Moreno, T., Viana, M., Leeuw, F. De., Querol, X., 2012. Health effects from Sahara dust episodes in Europe: Literature review and research gaps. *Environment International*, 47: 107–114.

Karofeld, E., Vellak, K., Marmor, L., Paal, J., 2007. Aluselise õhusaaste mõjust Kirde-Eesti rabadele. *Metsanduslikud Uurimused* 47: 47–70.

Liblik, V., Karu, H. 2007. Õhusaaste ei tunne riigipiire. *Eesti Loodus*, 48: 14-19.

Loppi, S., Pirintsos, S. Arg., 2000. Effect of dust on epiphytic lichen vegetation in the Mediterranean area (Italy and Greece). *Israel Journal of Plant Sciences*, 48: 91-95.

Maasikmets, M., Saare, K., Arumäe, T., Lehes, L., Viidik, A., Ebber, A., 2013. Linnade välisõhu kvaliteedi kompleksse hindamise analüüs. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ. 2-234 lk.

Orru, H., 2007. Välisõhu kvaliteedi mõju inimeste tervisele Tallinna linnas. Peentest osakestest tuleneva mõju hindamine. Tartu Ülikool. Arstiteaduskond. 2-61 lk.

Orru, H., Merisalu E., 2007. Õhusaaste linnades ja selle mõju inimese tervisele. *Eesti Arst*, 86 (6): 401–405.

Orru, H., 2008. Välisõhu kvaliteedi mõju inimeste tervisele Tartu, Kohtla-Järve, Narva ja Pärnu linnas. Tartu Ülikool. Arstiteaduskond. 2-67 lk.

Orru, H., Teinemaa, E., Lai, T., Merisalu, E., Tamm, T., Kaasik, M., Kimmel, V., Orru, K., Forsberg, B., 2010. Peened osakesed välisõhus ja neist tuleneva tervisemõju hindamine Tallinnas, Tartus, Kohtla-Järvel, Narvas ja Pärnus. Eesti Arst, 89(4): 242–250

Orru, H., Teinemaa, E., Kesanurm, K., Kaasik, M., Tamm, T., Lai, T., 2011. Välisõhu kvaliteedi mõju inimeste tervisele – peentest osakekest tuleneva mõju hindamine kogu Eesti lõikes. Tartu Ülikool. 2 – 67 lk.

Purvis, O.W., 2007. Lichens in a changing pollution environment: An introduction. Environmental Pollution, 146: 291-292

Tokmechi, Z., 2011. Dust Pollution And Its Effects In Construction Sites. Advances in Environmental Biology, 5(9): 2652-2657.

Trass, H. 1968. Samblikud – Õhu saastatuse indikaatorid. Eesti Loodus. 80-83 lk.

Internetiallikad

European Environment Agency. Emissions of primary particulate matter and secondary particulate matter precursors (CSI 003) - Assessment published Dec 2012. [<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/emissions-of-primary-particles-and-5/assessment-2>] – 10.08.2013

European Environment Agency. PM2.5 annual average, 2010. [<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/pm2-5-annual-average-2010>] – 15.05.2013

European Environment Agency. PM₁₀ annual average, 2010. [http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/pm10-annual-average-2010] – 15.05.2013

European Environment Agency. Trend in PM₁₀ (left graph, 2001–2010) and PM_{2.5} (right graph, 2005–2010) concentrations per station type. [http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/trend-in-pm10-left-graph] – 15.05.2013

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina Erika Parts

(autori nimi)

(sünnikuupäev: 12.10.1988)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Tolmusaaste“,
(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on Liis Marmor,

(juhendaja nimi)

- 1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
- 1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **13.08.2013**